

Tekkeköy (Samsun) İlçe Merkezinde Karayolu Trafiğinden Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Belirlenmesi

Göksel Kaya^{1,*}

¹Ordu Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, 52200, Ordu.

Özet

Bu çalışma kapsamında Tekkeköy ilçe merkezinde 2017 yılında Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından taşıt sayımı yapılan ana karayolunda seyir halindeki taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarları emisyon faktörü, taşıt sayısı ve yol uzunluğu kullanılarak hesaplanmıştır. Emisyon faktörleri, CORINAIR emisyon faktörü veri tabanından hıza bağlı eşitlikler halinde taşıt sınıfı, yakıt türü, emisyon standardı ve motor teknolojisine göre uygun olarak seçilmiştir. Taşıt sayıları ve yol uzunluğu T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı Devlet Yolları Trafik Hacim Haritası verilerinden alınmıştır. Emisyonlar MATLAB programlama dili kullanılarak 5 kirletici için (CO, NO_x, UOB, PM ve SO₂) ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her kirletici ve farklı araç türleri için (otomobil, orta yüklü ticari taşıt, otobüs ve kamyon) emisyon karakteristikleri taşıt hızlarına bağlı olarak ortaya çıkarılmıştır. Sonuçlar 2017 yılında Tekkeköy ilçe merkezindeki taşıt sayımı yapılan ana karayolundan atmosfere salınan kirletici miktarlarının CO için 13.56 ton, NO_x için 150.23 ton, UOB için 18.33 ton, PM için 5.01 ton ve SO₂ için 0.20 ton olduğunu göstermektedir. Kamyonlar NO_x ve PM kirleticileri için sırasıyla %66,36 ve %50,3 değerleri ile en büyük paya sahiptir. Otomobiller CO, UOB ve SO₂ emisyonları için sırasıyla %72,32, %64,81 ve %50 değerleri ile en büyük paya sahiptir. Kirletici emisyon miktarlarının 70-90 km/h hız aralığında minimum değerleri aldığı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler

Trafik Emisyonları, Emisyon Envanteri, EMEP/CORINAIR, MATLAB, Tekkeköy, Samsun

Determination of the Emission Inventory from Road Transport in the Tekkekoy (Samsun) District Center

Abstract

Within the scope of this study, the emission amounts arising from vehicles cruising on the main highway in the Tekkekoy district center in Turkey, where the General Directorate of Highways counted vehicles in 2017, were calculated. The emission amounts were calculated using the emission factor, the number of vehicles and the length of the highway. The emission factors were selected suitably from the CORINAIR emission factor database in the form of velocity-related equations as vehicle class, type of fuel, emission standard and engine technology. The numbers of vehicles and route lengths were obtained from the data of the State Highways Traffic Volume Map published by the General Directorate of Highways of the Turkish Ministry of Transportation and Infrastructure. Emissions were calculated separately for 5 pollutants (CO, NO_x, VOC, PM and SO₂) by using the MATLAB programming language. Emission characteristics for each type of pollutant and for each type of vehicle (automobiles, light-duty commercial vehicles, buses and trucks) were identified depending on vehicle speeds. The results showed that the amounts of pollutants released to the atmosphere on the main highway where vehicle counts were made in the Tekkekoy district center in the year 2017 as 138.56 tons for CO, 150.23 tons for NO_x, 18.33 tons for VOC, 5.01 tons for PM and 0.20 tons for SO₂. Trucks had the highest share for the pollutants NO_x and PM respectively as 66.36% and 50.3%. Passenger cars had the highest share for the pollutants CO, VOC and SO₂ respectively as 72.32%, 64.81% and 50%. The amounts of pollutant emissions were found to be at their minimum values in the speed range of 70–90 km/h.

Keywords

Traffic Emissions, Emission Inventory, EMEP/CORINAIR, MATLAB, Tekkeköy, Samsun

1. Giriş

Hava kirliliği, nüfusun artması, kentlerin büyümesi, endüstrinin gelişmesiyle artan oranda ve değişen içerikte etkilerini sürdürmektedir. Lokal bir kaynaktan salınan hava kirleticiler yerel etkiler gösterirken, kent merkezlerinde enerji tüketimi, fosil yakıt yanması ve motorlu taşıtların artmasıyla hava kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Mevcut bilgilere göre dünyanın çeşitli bölgeleri arasındaki önemli farklılıklara rağmen, trafik (%25) şehirlerin hava kirliliğine katkıda bulunan önemli kaynaklardan biri olmuştur (Liu vd. 2018; Pearson 2019; Bouarar vd. 2019; Ganzenmüller vd. 2019).

Son yıllarda tüm dünyada alınan önlemlerle hava kirliliğine neden olan kirleticiler azalma eğilimi göstermektedir ancak, özellikle kentsel nüfus h l  hava kalitesi standartlarını aŗan kirleticiler miktarlarına maruz kalmaktadır (Aunan vd. 2019; Wang vd. 2019; Zeng vd. 2019; Krecl vd. 2018). Günümüzde kirleticiler emisyonlarının sınır değerleri Avrupa Birliği (AB)  lkelerinde Hava Kalitesi Yönergesi 2008/50/EC tarafından tanımlanmaktadır (EC 2008). Egzoz emisyonları konusunda AB  lkelerinde yayımlanan mevzuat ülkemizde de benimsenerek 2009 yılından itibaren uygulanmaya baŗlanmıştır.

Seyir halindeki taŗıtlardan kaynaklı hava kirliliğini kontrol etme yöntemlerinden biri de emisyon envanterlerinin hazırlanarak mevcut emisyonların tanımlanmasıdır (Mimi vd. 2017). Emisyon envanteri, sınırları belirlenmiŗ herhangi bir bölgede, hava kirleticiler kaynaklarından belli bir zaman aralığında atmosfere verilen kirleticilerin listesi, miktarı ve bunların toplam kirlilik içindeki paylarını gösteren bilgiler olarak tanımlanmaktadır (Ma vd. 2018). Literatür incelendiğinde emisyon envanterleri hazırlanırken genellikle kent merkezindeki bir veya birkaç karayoluna yoęunlaŗıldığı, seçilen karayolları üzerinde taŗıt sayımlarının otomatik sayım cihazları veya kamera sistemi ile yapıldığı, emisyonların literatürdeki emisyon faktörleri ile belirlendiği ve özel dağıtım modelleri kullanılarak karayolu yakınlarındaki atmosferik dağılım hesaplarının yapıldığı görülmektedir (Lonati vd. 2005; Niemeier 2003; Saija ve Romano 2002).

 tten y nmal  motorlardan atmosfere salınan kirleticiler emisyonları motorun ısınmasına kadar geçen sürede atılan emisyonlar, motor ısındıktan sonra oluŗan sıcak egzoz emisyonları ve karb rat rden ve yakıt deposundan yakıtın buharlaŗması ile oluŗan emisyonlar olarak sınıflandırmak mümkündür (Ergeneman vd. 1998). Motorlu taŗıtlardan kaynaklı kirleticilerin büyük çoğunluğunu oluŗturan egzoz gazlarının bileŗiminde ana kirleticiler olarak yanmamıŗ hidrokarbonlar, kısmen yanmıŗ hidrokarbonlar (HC), karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO₂), kurŗun bileŗikleri ve partikül madde (PM₁₀) sayılabilir (Alvanchi vd. 2019; Seinfeld ve Pandis 2006).

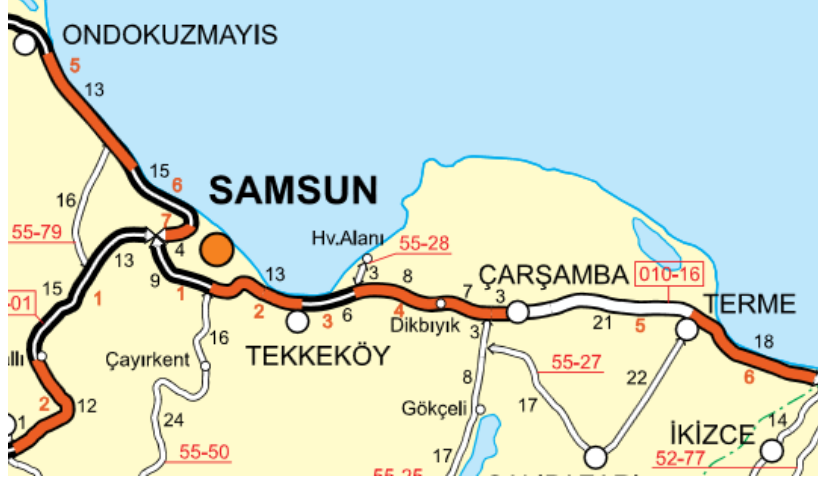
Hava kirliliği raporları Tekkeköy ilçesinde hava ve  evre kirliliğinin her geçen gün daha da arttığını göstermektedir. Hava kirliliği raporlarına göre 2017 ve 2018 değerleri karŗılaŗtırıldığında PM emisyonunda 5 µg/m³, CO emisyonunda 321 µg/m³ ve NO₂ emisyonunda 8 µg/m³ l k bir artıŗ gözlenirken, SO₂ emisyonunda 8 µg/m³ l k bir azalma meydana gelmiŗtir. Bu kirliliğin temelinde sanayi kuruluŗlarının etkisi oldukça fazladır. Sanayi tesislerinin yanı sıra evlerdeki kömür kullanımı ve trafikteki seyir halindeki araçların saldığı egzoz gazları da diğer nedenler arasında gösterilmektedir (URL-2 2018).

Bu  alıŗmada, 2017 yılında Tekkeköy ilçe merkezinde T.C. Ulaŗtırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından taŗıt sayımı yapılan 010-16(2) numaralı karayolunda seyir halindeki taŗıtlardan kaynaklanan emisyon miktarları emisyon faktörü, taŗıt sayısı ve yol uzunluğu kullanılarak hesaplanmıştır. Emisyon faktörleri, CORINAIR emisyon faktörü veri tabanından seçilmiştir. Taŗıt sayıları, yol uzunluğu ve hız bilgileri T.C. Ulaŗtırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2017 yılı için yayınladığı Devlet Yolları Trafik Hacim Haritası verilerinden alınmıştır. Emisyonlar MATLAB programlama dili kullanılarak 5 kirleticiler için (karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), uçucu organik bileŗikler (UOB), partikül madde (PM) ve kükürt dioksit (SO₂)) ayrı ayrı hesaplanmıştır.  alıŗma kapsamında taŗıt motorlarının ilk  alıŗtırılması ile termostat açıldıktan sonraki sürüşte ortaya çıkan sıcak emisyonlar hesaplanmış, termostatın açılmaya baŗladıęı ana kadar meydana gelen soğuk emisyonlar ve buharlaŗma yolu ile ortaya çıkan emisyonlar veri eksikliğinden dolayı hesaplanmamıştır. Ayrıca Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından motosiklet sayımı yapılmadığından bu tip araçlardan kaynaklı emisyonlar  alıŗmaya dahil edilmemiŗtir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1.  alıŗma Alanı

Karadeniz Bölgesi'nin, Orta Karadeniz Bölümünde bulunan Tekkeköy İlçesi, Atakum, İlkadım ve Canik'le birlikte Samsun İlının 4 merkez ilçesinden biridir. Samsun – Ordu karayolu (D010) g zerg hında yaklaşık olarak 36° 21' 30"- 36° 35' 30" doğu boylamları ile 41° 01' 20" - 41° 15' 50" kuzey enlemleri arasında kalan Tekkeköy; batıdan Canik, doğu ve güneydoğudan  arŗamba, güneyden ise Asarcık ilçeleri ile komŗu iken kuzeyinden Karadeniz'e 11,6 km kıyısı bulunmaktadır. Tekkeköy ilçesi en kuzeyinden en güneyine 23 km, en doğusundan en batısına 19 km uzunluğa sahip olup, y z l c m  yaklaşık 345 km²'dir. Tekkeköy arazisinin büyük bölümü, morfolojik olarak, Canik Dağlarının kuzey yamaçlarını teŗkil eden engebeli sahada yer alırken bir kısmı da 1042 km²'lik y z l c m yle Türkiye'nin Karadeniz kıyılarındaki en büyük delta ovaları olan Yeŗilırmak Deltası üzerinde bulunmaktadır. Şekil 1'de Tekkeköy ilçesinin coğrafi konumu ve yol ağı bilgileri görülmektedir.



Şekil 1: Tekkeköy ilçesi coğrafi konumu ve yol ağı (KGM 2018)

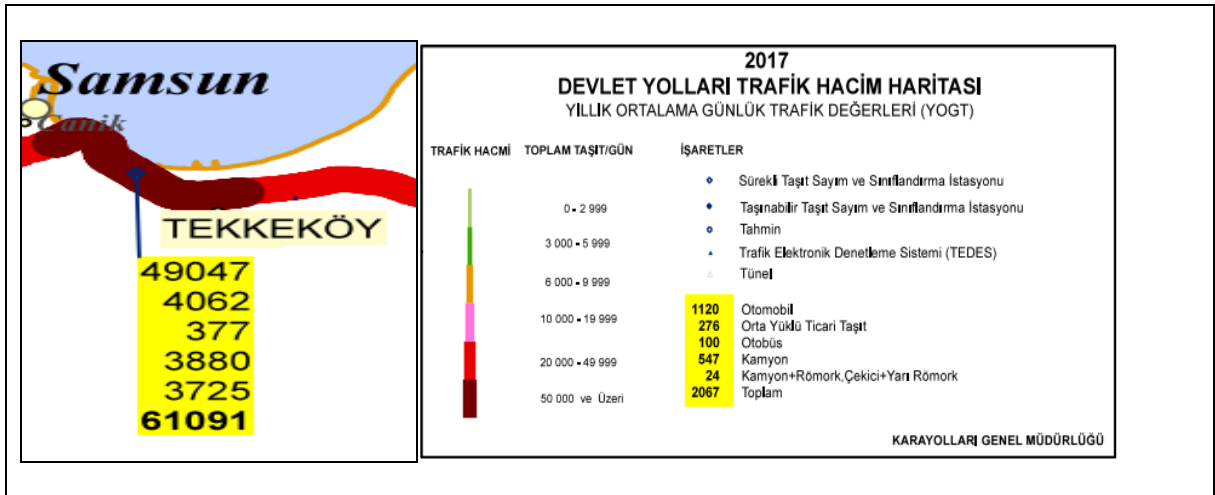
2.2. Taşıt Sayımları

Çalışma kapsamında Tekkeköy ilçe merkezinden geçen ve Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından taşıt sayımı yapılan 010-16 (2) numaralı karayolu dikkate alınmıştır. Bu yol sahip oldukları trafik yoğunluğu bakımından ilçe merkezinin hava kalitesini direkt olarak etkileyebilecek niteliktedir. Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından kullanılan taşıt sayım yöntemleri 2 çeşittir (KGM 2018);

a) *Otomatik Taşıt Sınıflandırma Sayımları (OTSS1)*: 2017 yılında 1353 noktada her mevsim en az 7 gün 24 saat süreyle taşınabilir hava basınçlı hortumlu cihazlar kullanılarak yapılan taşıt sınıflandırma sayımlarıdır. Sistem taşıt sınıflandırmalarını, 11 sınıfta aks sayısına ve aks mesafelerine göre gerçekleştirmektedir.

b) *Otomatik Taşıt Sınıflandırma Sayımları (OTSS3)*: Manyetik döngülü cihazlar kullanılarak yapılan sürekli sayım ve sınıflandırma istasyonları olup, Türkiye genelinde 516 noktada kurulmuştur. Sürekli sayım yapılan bu istasyonlardan aylık değişim katsayıları belirlenmekte ve diğer cihazlarla yapılan kısa süreli sayımlardan elde edilen trafik bilgilerinin Yıllık Ortalama Günlük Trafik değerlerine dönüştürülmesinde kullanılmaktadır.

Taşıtlar uzunluklarına göre 9 farklı grupta sınıflandırılmakta olup, taşıt sınıfları 5 farklı grupta değerlendirilmiştir. Manyetik döngülü cihazlardan aynı zamanda taşıt hızlarına ait veriler de toplanmaktadır. Şekil 2’de Tekkeköy ilçesi devlet yolları trafik hacim haritasında taşıt sayımı yapılan nokta ve ölçülen taşıt sayıları görülmektedir. Yıllık ortalama günlük trafik değerleri, hız bilgileri, yol uzunlukları ve sayım türü gibi ayrıntılı bilgiler ise Tablo 1’de görülmektedir.



Şekil 2: Devlet yolları trafik hacim haritası (KGM 2018)

Tablo 1: 2017 yılı Karayolları 7. Bölge Müdürlüğü devlet yolları yıllık ortalama günlük trafik değerleri ve hız bilgileri (KGM 2018)

İLİ/İLÇESİ	Samsun/Tekkeköy	
KKNO*	010-16	
DİLİM NO	2	
UZUNLUK (km)	13	
SAYIM TÜRÜ	OTSS3	
TOPLAM YOGT* (TAŞIT/GÜN)	61091	
OTOMOBİL	YOGT TAŞIT/GÜN	49047
	ORT. HIZ (km/h)	85
ORTA YÜKLÜ TİCARİ TAŞIT	YOGT TAŞIT/GÜN	4062
	ORT. HIZ (km/h)	78
OTOBÜS	YOGT TAŞIT/GÜN	377
	ORT. HIZ (km/h)	80
KAMYON	YOGT TAŞIT/GÜN	3880
	ORT. HIZ (km/h)	71
KAMYON+RÖMORK ÇEKİCİ+YARI RÖMORK	YOGT TAŞIT/GÜN	3725
	ORT. HIZ (km/h)	73

KKNO: Kontrol kesim no, YOGT: Yıllık ortalama günlük taşıt değeri

Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından kullanılan taşıt sayım teknolojisinde taşıt sayılarında kullanılan motor teknolojisi ve yakıt türüne ait veriler bulunmamaktadır. Bu nedenle, taşıtların kullandıkları yakıt türlerine göre dağılımları 2013 yılında Kentlerde Hava Kalitesi Değerlendirme Sisteminin Geliştirilmesi Projesi (KENTAIR) kapsamında Samsun ili için hazırlanan “Samsun Hava Kalitesi Değerlendirme Raporu” içerisinde alınmıştır. Taşıtların kullandıkları yakıtlara ve türlerine göre dağılımları Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2: Taşıtların kullandıkları yakıtlara ve türlerine göre dağılımı (%) (URL-1 2013)

	Benzin	Motorin	LPG	Toplam
Otomobil	31.62	27.06	41.32	100
Kamyonet-Minibüs	4.18	93.32	2.50	100
Kamyon-Otobüs	2.93	97.07	-	100

Taşıtların kullandıkları teknolojiye ve türlerine göre dağılımları ise 2013 yılında İstanbul kenti için gerçekleştirilen bir çalışmada kullanılan verilerden temin edilmiştir (Koca ve Elbir 2013). Türkiye’deki araç sayısının %19’unu oluşturan İstanbul kentinin Türkiye genelini temsil ettiği kabul edilebilir. Taşıtların kullandıkları teknolojiye ve türlerine göre dağılımları Tablo 3’te görülmektedir. Taşıtların kullandıkları teknolojiye ve türlerine göre dağılım oranları dikkate alınırken EURO5 ve EURO6 sınıfındaki araç sayısı ihmal edilmiştir.

Tablo 3: Taşıtların kullandıkları teknolojiye ve türlerine göre dağılımı (Koca ve Elbir 2013)

	PRE-ECE (1975 model ve öncesi)	ECE 15-00/01 (1975-1977)	ECE 15-02 (1977-1979)	ECE 15-03 (1979-1984)	ECE 15-04 (1984-1992)	EURO1 (1992-1996)	EURO2 (1996-2000)	EURO3 (2000-2005)	EURO4 (2005-2009)	TOPLAM
Otomobil	0.9	2	0.7	1.6	11	15.4	17.6	32.1	18.7	100
Kamyonet-Minibüs	1.6	3.4	0.9	1.3	4.3	7.4	15.7	33.9	31.5	100
Kamyon-Otobüs	3.9	7.4	2.4	7	13.3	11.2	16.1	20.8	17.9	100

2.3. Emisyonların Hesaplanması

Bu çalışmada emisyon envanterinin hesaplamasında EMEP/CORINAIR metodolojisi temel alınmıştır. Bu metodolojiye göre seyir halindeki motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmaktadır (EEA 2013). Avrupa Çevre Ajansı tarafından yayımlanan “EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook” un 2016 yılında yeni bir baskısı daha çıkmış ve 2017 ve 2018 yıllarında güncellenmiştir. Ancak bu baskılarda emisyon faktörlerinin taşıt hızlarına bağlı değişimleri verilmediğinden 2013 yılı baskısı dikkate alınmıştır.

$$E_{i,j,k} = N_j \cdot M_{j,k} \cdot e_{i,j,k} \quad (1)$$

Burada; i (kirleticiler): CO, UOB, NO_x, SO₂ ve PM, j (taşıt sınıfları): Yakıt türü ve üretim yılı, k (yol sınıfı): Şehir içi, şehir dışı ve otoban, E_i : Kirletici emisyon miktarı(ton/yıl), N_j : Taşıt sayıları (j : üretim yılına bağlı sınıfına göre), $M_{j,k}$: Taşıtların yaptığı kilometre (j : yol tipi ve k : taşıt sınıflarına göre), $e_{i,j,k}$: Emisyon faktörü [g/km] (kirleticiler, taşıt sınıfları, yol sınıfına göre)'dir.

Çalışmada yüzlerce farklı emisyon faktörü eşitliği kullanılmıştır. Eşitlik 2'de benzin yakıtı kullanan Euro 4 sınıfı otomobiller için NO_x emisyon faktörü örnek olarak verilmiştir.

$$EF = (0.106 - 1.58 \cdot 10^{-2} \cdot V + 7.10 \cdot 10^{-6} \cdot V^2) \quad (2)$$

Burada; EF : NO_x emisyon faktörü (g/km), V : Taşıt hızı (km/saat)'dir. Her kirletici için toplam emisyonlar emisyon faktörlerini kullanarak MATLAB programlama dilinde yazılan bir program ile hesaplanmıştır. Program sadece taşıt sayıları, hızları ve yol uzunluklarının girilmesiyle tüm emisyon miktarlarını hesaplamaya olanak sağlayacak şekilde yazılmıştır. Bu özelliği ile ülkemiz genelinde herhangi bir yere rahatlıkla uygulanabilecek niteliktedir.

3. Bulgu ve Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında Tekkeköy ilçesi merkezinde Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından taşıt sayımı yapılan 010-16 (2) numaralı ana karayolunda seyir halindeki taşıtlardan kaynaklı emisyon miktarları hesaplanmıştır. Yıllık ortalama emisyon miktarları ortalama taşıt hızları için hesaplanmış ve emisyon karakteristikleri taşıt hızlarının 10-100 km/h arasında değişimi ile belirlenmiştir. İlgili karayolunda günlük 61091 taşıtın seyir halinde olduğu görülmektedir. Taşıtların türlerine göre dağılımlar incelendiğinde otomobillerin %80.3 ile en fazla dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Bunu, %12.45 ile kamyonlar, %6.64 ile orta yüklü ticari taşıtlar ve %0.61 ile otobüsler takip etmektedir. İlgili güzergahta taşıtların hızlarını azaltacak kavşak ve sinyalizasyon sistemi bulunmamaktadır.

Çalışmada emisyonlar taşıt sayıları, ortalama taşıt hızları ve CORINAIR emisyon faktörü veri tabanından seçilen emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır. Emisyonlar karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), uçucu organik bileşikler (UOB), partikül madde (PM) ve kükürt dioksit (SO₂) için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tablo 1'de verilen ortalama taşıt hızları için taşıt sayımı yapılan karayolundan kaynaklı yıllık toplam emisyon miktarları Tablo 4'te görülmektedir.

Tablo 4: Tekkeköy ilçe merkezinde taşıt sayımı yapılan ana karayolundan kaynaklanan yıllık toplam emisyon miktarları

İLİ/İLÇESİ	Samsun/Tekkeköy	
KKNO	010-16	
DİLİM NO	2	
UZUNLUK (km)	13	
SAYIM TÜRÜ	OTSS3	
TOPLAM YOGT (TAŞIT/GÜN)	61091	
OTOMOBİL (ton/yıl)	CO	100.2
	NO _x	42.52
	UOB	11.88
	PM	1.96
	SO ₂	0.1
ORTA YÜKLÜ TİCARİ TAŞIT (ton/yıl)	CO	3.53
	NO _x	2.59
	UOB	0.45
	PM	0.37
	SO ₂	0.007
OTOBÜS (ton/yıl)	CO	0.99
	NO _x	5.42
	UOB	0.27
	PM	0.16
	SO ₂	0.004
KAMYON (ton/yıl)	CO	33.84
	NO _x	99.7
	UOB	5.73
	PM	2.52
	SO ₂	0.09
TOPLAM (ton/yıl)	CO	138.56
	NO _x	150.23
	UOB	18.33
	PM	5.01
	SO ₂	0.20

Tablo 4’de g r ld   gibi Tekkeköy İlçe merkezinde bulunan 010-16 (2) numaralı karayolundan 2017 yılında çevreye salınan kirletici miktarları CO için yıllık 138.56 ton, NO_x için 150.23 ton, UOB için 18.33 ton, PM için 5.01 ton ve SO₂ için ise 0.20 ton olarak belirlenmiştir.

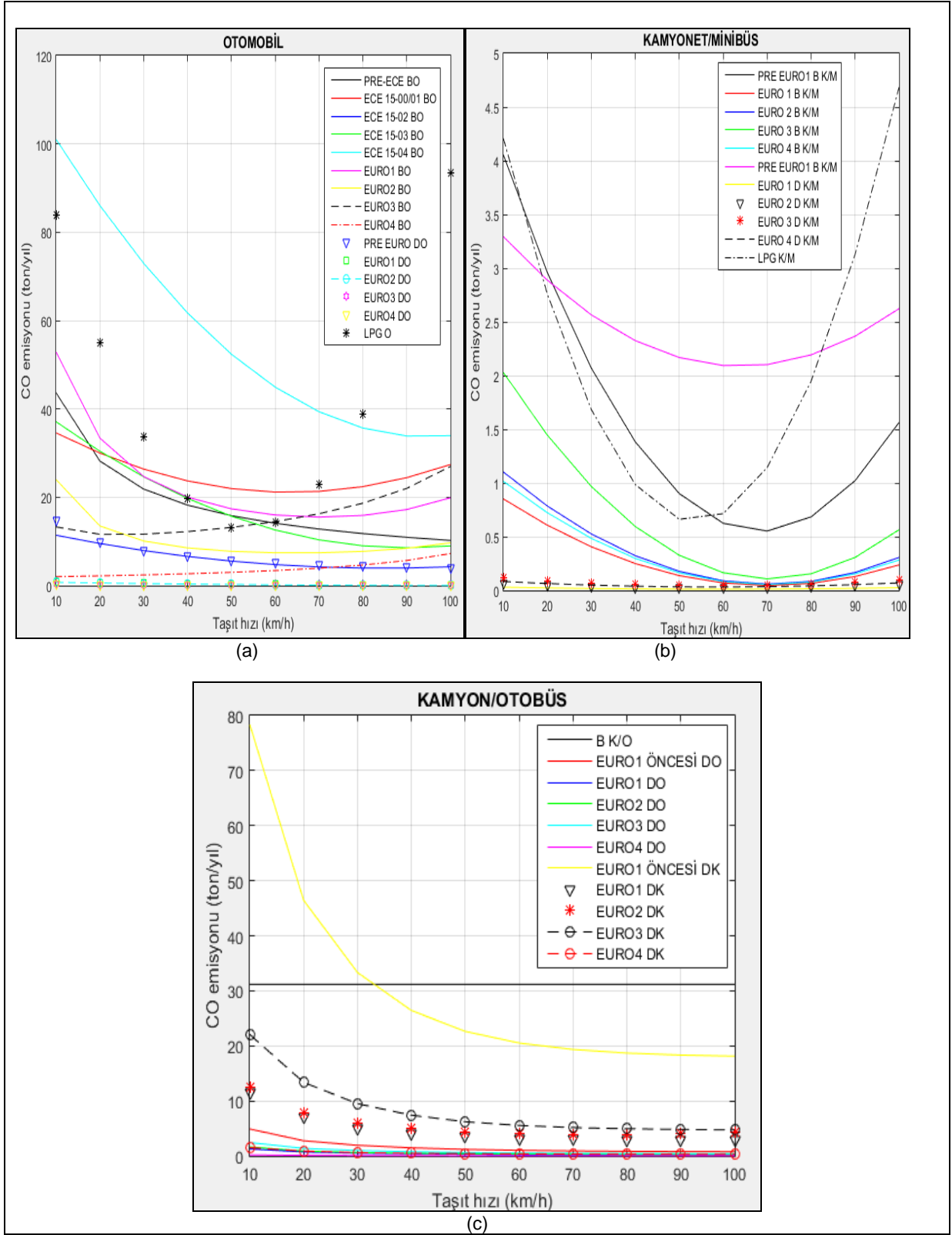
Şekil 3’de CO emisyonunun çeşitli taşıt türleri için taşıt hızlarına göre değişimi görülmektedir. CO kirleticisi için en büyük payın %72.32 ile otomobillere ait olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla %24.42 ile kamyonlar, %2.55 ile orta yüklü ticari taşıtlar ve %0.71 ile otobüsler takip etmektedir. Şekil 3’te g r ld   gibi düşük taşıt hızlarında CO emisyonu oldukça yüksek değerler alırken hız artışıyla birlikte değerlerin d  t   gözlemlenmiştir. Taşıt hızının daha da artırılması durumunda r zg r direnci çok arttığından emisyonlar tekrar artış göstermektedir.

Şekil 4’de NO_x emisyonunun çeşitli taşıt türleri için taşıt hızlarına göre değişimi görülmektedir. NO_x kirleticisi için en büyük payın %66.36 ile kamyonlara ait olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla %28.30 ile otomobiller, %3.62 ile otobüsler ve %1.72 ile orta yüklü ticari taşıtlar takip etmektedir. Şekil 4’te g r ld   gibi düşük taşıt hızlarında NO_x emisyonu oldukça yüksek değerler alırken hız artışıyla birlikte değerlerin d  t   gözlemlenmiştir.

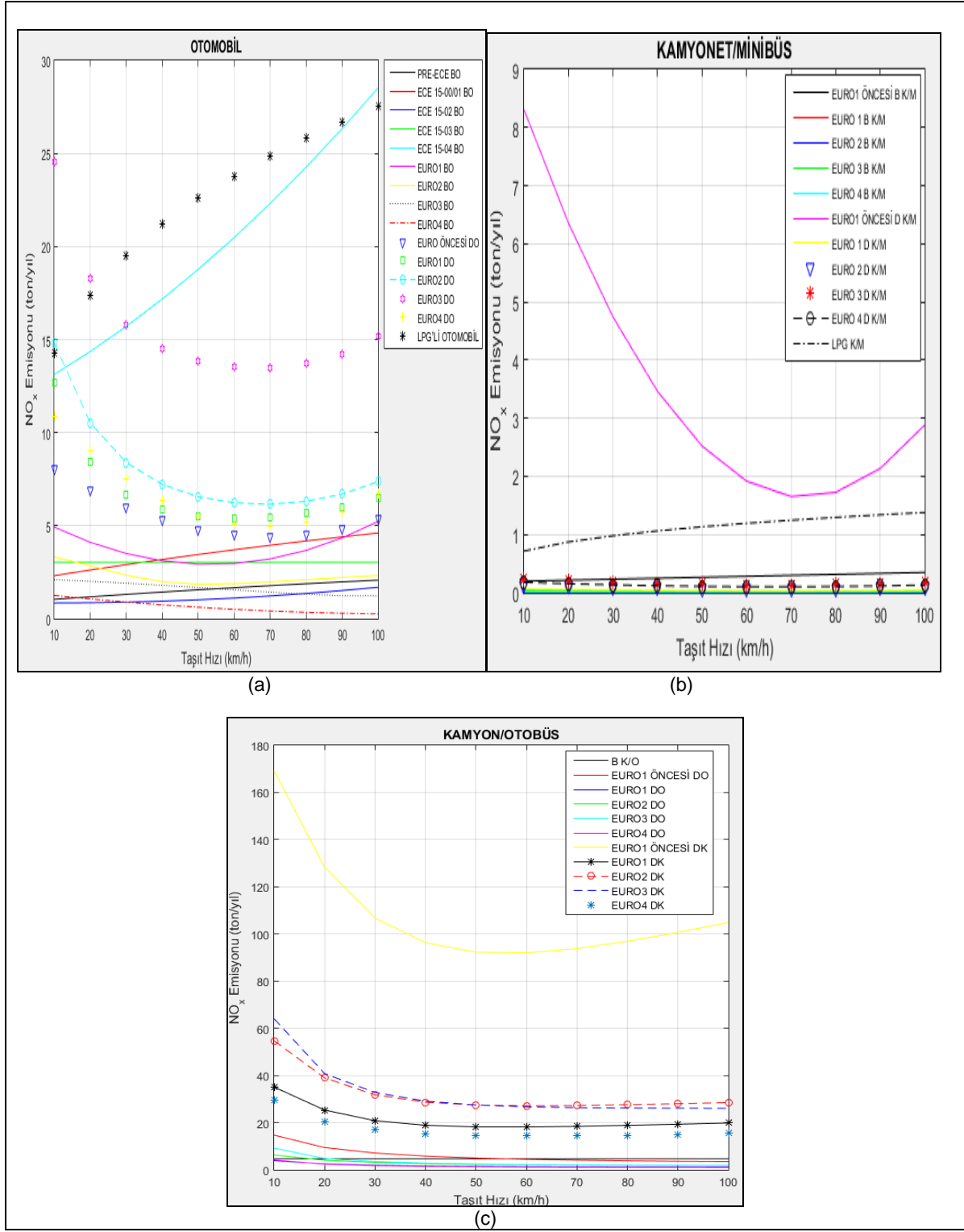
Şekil 5’de UOB emisyonunun çeşitli taşıt türleri için taşıt hızlarına göre değişimi görülmektedir. UOB kirleticisi için en büyük payın %64.81 ile otomobillere ait olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla %31.26 ile kamyonlar, %2.46 ile orta yüklü ticari taşıtlar ve %1.47 ile otobüsler takip etmektedir. Şekil 4’te g r ld   gibi düşük taşıt hızlarında UOB emisyonu yüksek değerler alırken hız artışıyla birlikte değerlerin d  t   gözlemlenmiştir. Minimum UOB üretiminin yaklaşık 80 km/h civarında üretildiği belirlenmiştir.

Şekil 6’da PM emisyonunun çeşitli taşıt türleri için taşıt hızlarına göre değişimi görülmektedir. PM kirleticisi için en büyük payın %50.3 ile kamyonlara ait olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla %39.12 ile otomobiller, %7.39 ile orta yüklü ticari taşıtlar ve %3.19 ile otobüsler takip etmektedir. Şekil 4’te g r ld   gibi düşük taşıt hızlarında PM emisyonu oldukça yüksek değerler alırken hız artışıyla birlikte değerlerin d  t   gözlemlenmiştir. Ta ıtlardan meydana gelen PM emisyonları hidrokarbon türevi yakıtların yakılmasının yanı sıra lastik, fren ve debriyaj balatalarından da önemli  l de kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada sadece yakıt miktarı ve hıza dayalı hesaplamalar yapılmış olup harici durumlar göz ardı edilmiştir.

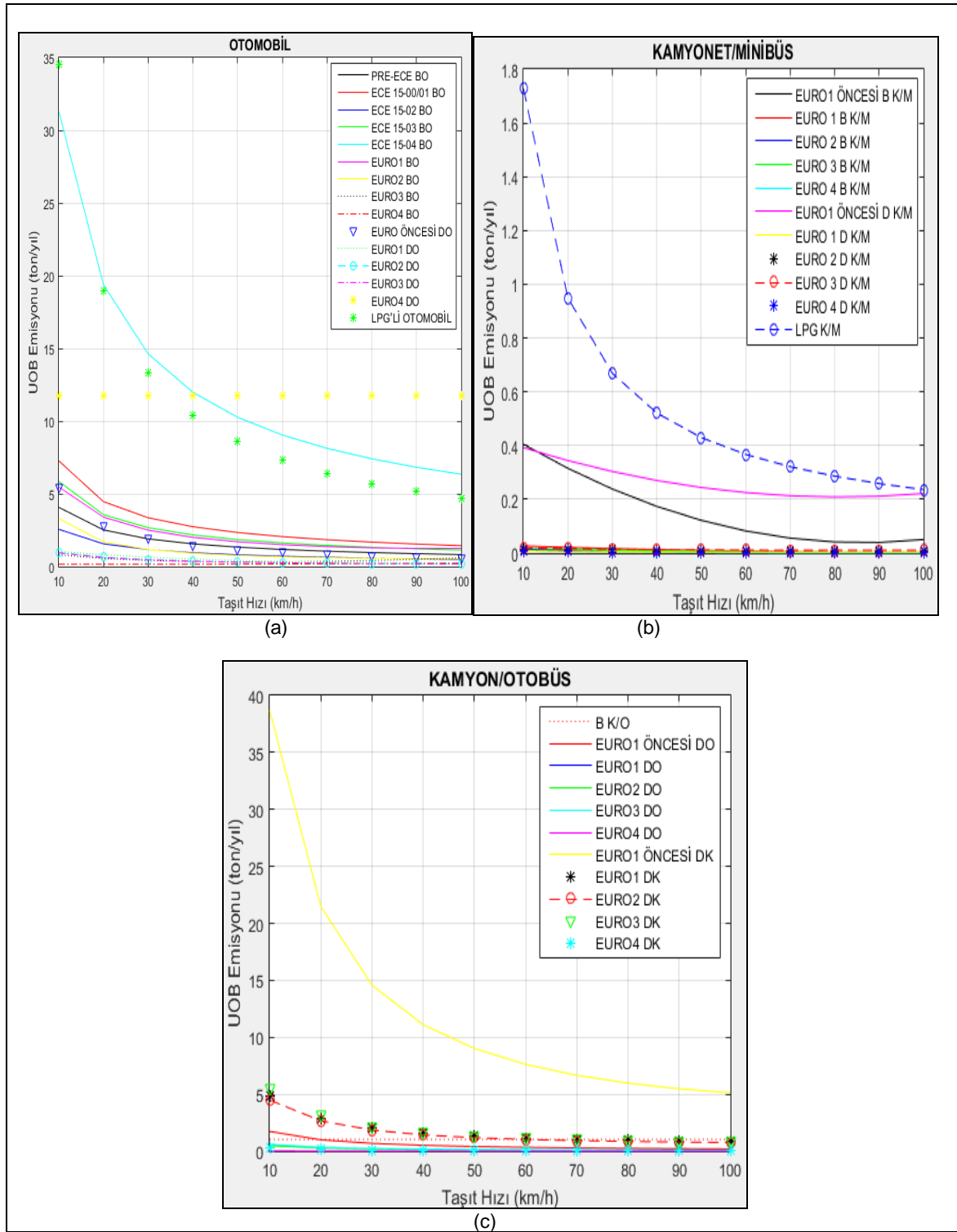
Şekil 7’de SO₂ emisyonunun çeşitli taşıt türleri için taşıt hızlarına göre değişimi görülmektedir. SO₂ kirleticisi için en büyük payın %50 ile otomobillere ait olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla %45 ile kamyonlar, %3 ile orta yüklü ticari taşıtlar ve %2 ile otobüsler takip etmektedir. Minimum SO₂ üretiminin yaklaşık 70 km/h civarında üretildiği belirlenmiştir.



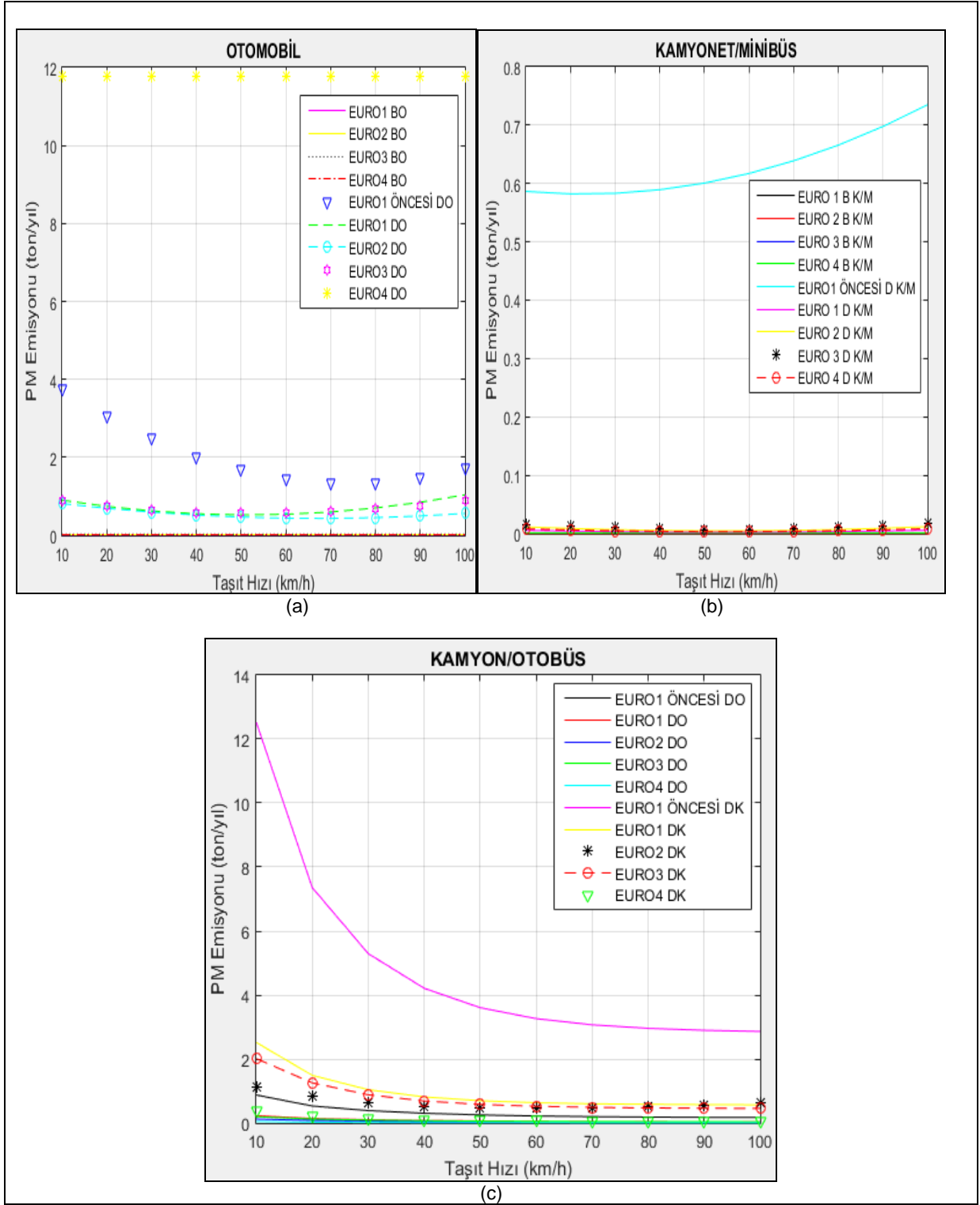
Şekil 3: CO emisyonun taşıt hızlarına göre değişimi a) Otomobil b) Kamyonet/Minibüs c) Kamyon/Otobüs (B: benzinli, D: dizel, O: otomobil, K/M: kamyonet/minibüs, K/O: kamyon/otobüs)



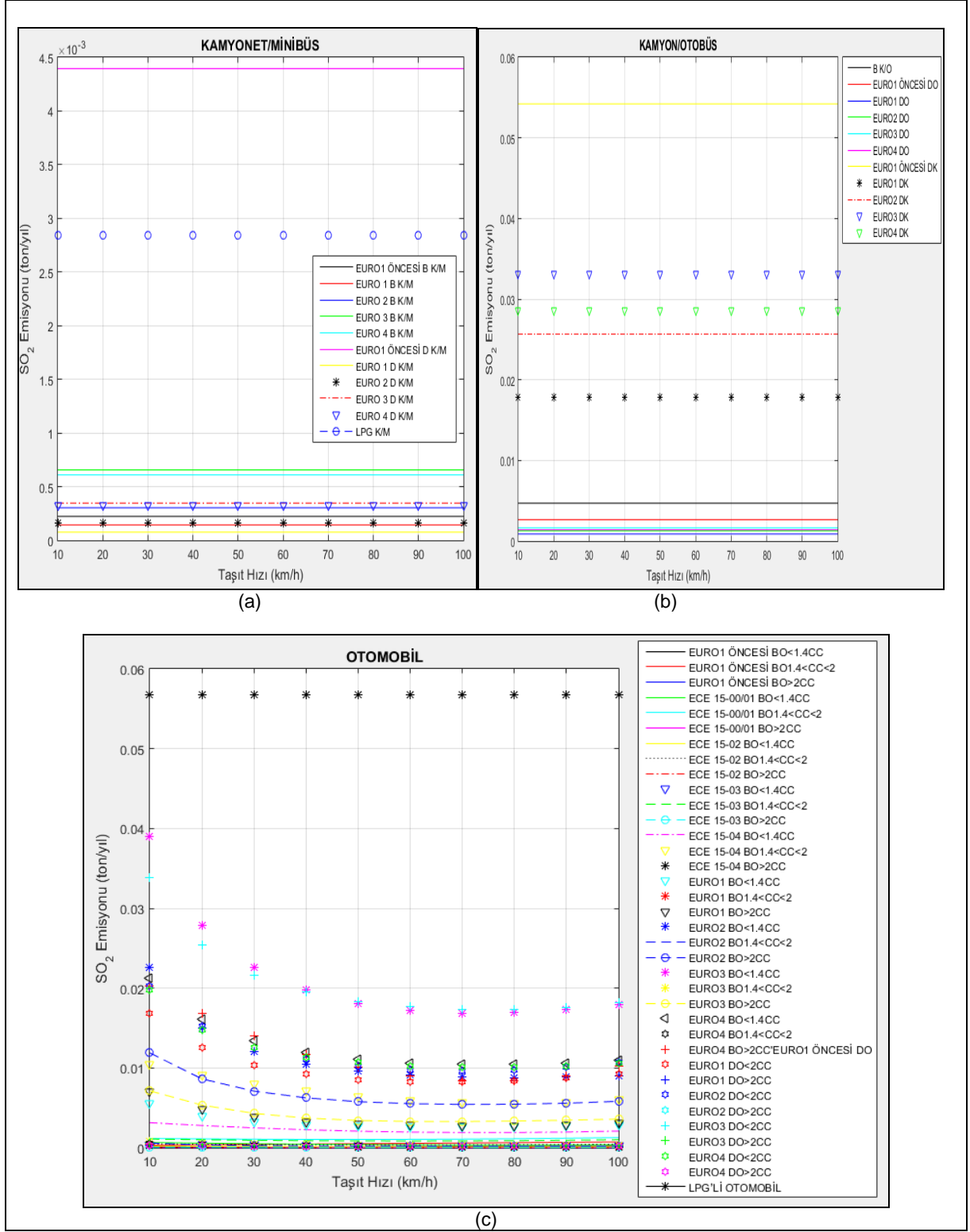
Şekil 4: NO_x emisyonun taşıt hızlarına göre değişimi a) Otomobil b) Kamyonet/Minibüs c) Kamyon/Otobüs (B: benzinli, D: dizel, O: otomobil, K/M: kamyonet/minibüs, K/O: kamyon/otobüs)



Şekil 5: UOB emisyonun taşıt hızlarına göre değişimi a) Otomobil b) Kamyonet/Minibüs c) Kamyon/Otobüs (B: benzinli, D: dizel, O: otomobil, K/M: kamyonet/minibüs, K/O: kamyon/otobüs)

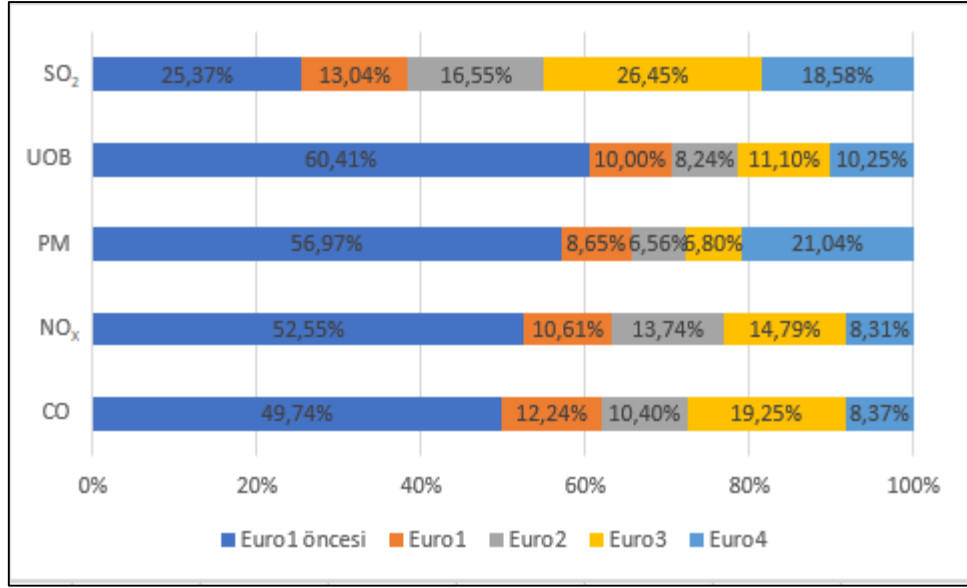


Şekil 6: PM emisyonun taşıt hızlarına göre değişimi a) Otomobil b) Kamyonet/Minibüs c) Kamyon/Otobüs
(B: benzinli, D: dizel, O: otomobil, K/M: kamyonet/minibüs, K/O: kamyon/otobüs)



Şekil 7: SO₂ emisyonunun taşıt hızlarına göre değişimi a) Kamyonet/Minibüs b) Kamyon/Otobüs c) Otomobil (B: benzinli, D: dizel, O: otomobil, K/M: kamyonet/minibüs, K/O: kamyon/otobüs, <1.4CC: silindir hacmi 1.4 CC'den küçük taşıtlar, 1.4<CC<2: silindir hacmi 1.4 CC ile 2 CC aralığında olan taşıtlar, >2CC: silindir hacmi 2CC'den büyük olan taşıtlar)

Şekil 8'de emisyon sınıflarına göre taşıt türlerinin 5 farklı kirlenici türü için toplam emisyon miktarları içindeki yüzdeleri görülmektedir. Euro 1 öncesi taşıt sayısı (8368) Euro 1 sonrası taşıt sayısına (57723) göre oldukça az olmasına rağmen CO emisyonu üretiminde %25.37, NO_x emisyonu üretiminde %52.55, PM emisyonu üretiminde %56.97, UOB emisyonu üretiminde %60.41 ve SO₂ emisyonu üretiminde %25.37'lik bir paya sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 8: Emisyon sınıfına göre taşıtların toplam emisyon miktarları içindeki yüzdeleri

Tekkeköy ilçesi için yapılan bu çalışma kapsamında hesaplanan kirletici emisyon miktarları, 2013 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe yerleşkesi içindeki ana karayolu üzerindeki seyir halindeki taşıtlardan kaynaklı emisyon miktarları için yapılan bir çalışma (Koca ve Elbir 2013) ile karşılaştırılmıştır. İlgili çalışmada taşıt sayımları taşınabilir trafik sayım ve sınıflandırma cihazları ile gerçekleştirilmiş ve emisyonlar 5 kirletici için (CO, NO_x, UOB, PM ve SO₂) ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çalışmada ilgili güzergahta yıllık 1.326.000 taşıtın seyir halinde olduğu ve yıllık toplam emisyon miktarlarının CO için yaklaşık 2.8 ton, NO_x için 1.1 ton, UOB için 0.4 ton, PM için 0.05 ton ve SO₂ için de 0,15 ton olduğu belirlenmiştir. İlgili çalışmadaki veriler bu çalışmada geliştirilen MATLAB simülasyon programına girildiğinde yıllık toplam emisyon miktarları CO için yaklaşık 3,1 ton, NO_x için 4.3 ton, UOB için 1.46 ton, PM için 1,18 ton ve SO₂ için de 0.033 ton olarak hesaplanmıştır. İlgili çalışmada CO, NO_x ve UOB emisyonlarında en büyük pay otomobillere aittir, SO₂ ve PM emisyonlarında en büyük pay otobüs ve kamyonlara aittir. Bu çalışmada ise kamyonlar ve otobüsler NO_x, PM ve SO₂ kirleticileri için en büyük paya sahipken, otomobiller CO ve UOB emisyonları için en büyük paya sahiptir. Sonuçlar arasındaki küçük farklılıkların ilgili çalışmada emisyon faktörleriyle bu çalışmadaki emisyon faktörlerinin seçimindeki belirsizliklerden ilgili çalışmada taşıt hızlarının ve güzergah uzunluğunun verilmemesinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

4. Değerlendirme ve Öneriler

Bu çalışmada, 2017 yılında Tekkeköy ilçe merkezinden geçen ve T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından taşıt sayımı yapılan 010-16 (2) numaralı karayolunda seyir halindeki taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarları emisyon faktörü, taşıt sayısı ve yol uzunluğu kullanılarak hesaplanmıştır. Emisyonlar MATLAB programlama dili kullanılarak 5 kirletici için (CO, NO_x, UOB, PM ve SO₂) ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Sonuçlar 2017 yılında Tekkeköy ilçesinde taşıt sayımı yapılan güzergahtan atmosfere salınan kirletici miktarlarının CO için 138.56 ton, NO_x için 150.23 ton, UOB için 18.33 ton, PM için 5.01 ton ve SO₂ için 0.20 ton olduğunu göstermektedir. Kamyonlar NO_x ve PM kirleticileri için sırasıyla %66.36 ve %50.3 değerleri ile en büyük paya sahiptir. Otomobiller CO, UOB ve SO₂ emisyonları için sırasıyla %72.32, %64.81 ve %50 değerleri ile en büyük paya sahiptir. Kirletici emisyon miktarlarının 70-90 km/h hız aralığında minimum değerleri aldığı belirlenmiştir.

Türkiye'de 1 Ocak 2011 tarihi itibarıyla rafineriden kırsal motorin satışı ve bununla ilgili ithalatlar durdurulmuş ve 1 Nisan 2011 tarihinden itibaren akaryakıt bayilerinde satışı yasaklanmıştır. Böylece otomotiv yakıtlarındaki en yüksek kükürt oranı motorin ve benzinde 10 ppm, oto LPG'de ise 50 ppm olarak uygulanmaya başlanmıştır. Bu gelişmenin motorlu taşıtlardan atmosfere salınan kükürt dioksit emisyonunu oldukça düşürdüğü sonucuna varılmıştır.

Türkiye'de emisyon envanterlerinin hesaplanmasında taşıtların kullandıkları yakıt türlerine ve motor teknolojilerine göre dağılımlarındaki veri eksikliği büyük bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle bu tip güncel verilerin literatüre kazandırılması önem arz etmektedir.

Emisyon sonuçları incelendiğinde özellikle düşük motor hızlarında atmosfere salınan kirletici miktarlarının fazlalığı dikkat çekmektedir. Bu nedenle trafikte kavşak ve sinyalizasyon sisteminin geliştirilmesi ve yeşil dalga sisteminin uygulanması bu soruna çözüm getirebilir.

Özellikle EURO1 öncesi taşıtların oldukça fazla kirliliğe yol açması konusunda yeni araç ve yakıt teknolojilerinin kullanılması, araç bakımlarının eksiksiz yapılması ve motorlu taşıt vergilerinin emisyon değerlerine göre alınması gibi önlemler alınabilir.

Kaynaklar

- Alvanchi A., Rahimi M., Alikhani H., (2019), *Air pollution concentration near sensitive urban locations: a missing factor to consider in the grade separation projects*, Journal of Cleaner Production, 19, 1-25.
- Aunan K., Hansen M.T., Liu Z., Wang S., (2019), *The hidden hazard of house hold air pollution in rural China*, Environmental Science and Policy, 93, 27-33.
- Bouarar I., Brasseur G., Petersen K., Granier C., Fan Q., Wang X., Wang L., Ji D., Liu Z., Xie Y., Gao W., Elguindi N., (2019), *Influence of anthropogenic emission inventories on simulations of air quality in China during winter and summer 2010*, Atmospheric Environment, 198, 236-256.
- EC, (2008), Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe (OJ L 152, 11.6. 2008), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0050-20150918&from=EN>, [Erişim 4 Ağustos 2019].
- EEA, (2013), *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook-2013*, European Environment Agency, <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/complete-emep-eea-guidebook-2013/view>, [Erişim 2 Ağustos 2019].
- Ergeneman M., Mutlu M., Kutlar A., Arslan H., (1998), *Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 112ss.
- Ganzenmüller R., Pradhan P., Kropp J.P. (2019), *Sectoral performance analysis of national greenhouse gas emission inventories by means of neural networks*, Science of the Total Environment, 656, 80-89.
- KGM, (2018), *2017 Trafik ve Ulaşım Bilgileri*, Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı, Ulaşım Etütleri Şubesi Müdürlüğü, <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Istatistikler/TrafikveUlasimBilgileri/17TrafikUlasimBilgileri.pdf>, [Erişim 10 Nisan 2019].
- Koca H., Elbir T., (2013), *Bir üniversite yerleşkesi içinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kalitesinin belirlenmesi*, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 2, 45-54.
- Krecl P., Targino A.C., Landi T.P., Ketzel M. (2018), *Determination of black carbon, PM_{2.5}, particle number and NO_x emission factors from roadside measurement sand their implications for emission inventory development*, Atmospheric Environment, 186, 229-240.
- Liu Y.H., Ma J.L., Li L., Lin X.F., Xu W.J., Ding H., (2018), *A high temporal-spatial vehicle emission inventory based on detailed hourly traffic data in a medium-sized city of China*, Environmental Pollution, 236, 324-333.
- Lonati G., Giugliano M., Butelli P., Romele L., Tardivo R., (2005), *Major chemical components of PM_{2.5} in Milan (Italy)*, Atmospheric Environment, 39, 1925-1934.
- Ma X., Sha T., Wang J., Jia H., Tian R., (2018), *Investigating impact of emission inventories on PM_{2.5} simulations over North China Plain By WRF-Chem*, Atmospheric Environment, 195, 125-140.
- Mimi G., Shasha Y., Xingke G., Yuanqian X., Nan J., Ruiqin Z., (2017), *Refined 2013-based vehicle emission inventory and its spatial and temporal characteristics in Zhengzhou, China*, Science of the Total Environment, 599, 1149-1159.
- Niemeier D.A., (2003), *The impact of incorporating spatial, temporal variability on running stabilized mobile emissions inventories*, Atmospheric Environment, 37, 27-37.
- Pearson J.K., (2019), *European solvent UOB emission inventories based on industry-wide information*, Atmospheric Environment, 204, 118-124.
- Saija S., Rono D., (2002), *A methodology for the estimation of road transport air emissions in urban areas of Italy*, Atmospheric Environment, 36, 5377-5388.
- Seinfeld J.N., Pandis S.N., (2006), *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change*, 2nd edition, Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey, USA, 1232ss.
- URL-1, (2013), *Samsun Hava Kalitesi Değerlendirme Raporu (KENTAIR Projesi)*, https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/editör_dosya/Samsun_Raporu.pdf, [Erişim 4 Ağustos 2019].
- URL-2, (2018), *Hava Kalitesi Haber Bültenleri*, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, <https://ced.csb.gov.tr/hava-kalitesi-haber-bultenleri-i-82299>, [Erişim 8 Nisan 2019].
- Wang X.C., Klemes J.J., Dong X., Fan W., Xu Z., Wang Y., Varbanov P.S., (2019), *Air pollution terrain nexus: A review considering energy generation and consumption*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 105, 71-85.
- Zeng Y., Cao Y., Qiao X., Seyler B.C., Tang Y., (2019), *Air pollution reduction in China: Recent success but great challenge for the future*, Science of the Total Environment, 663, 329-337.